

Futebol Robótico

INTRODUÇÃO

Nos dias que correm, estamos cada vez mais rodeados de tecnologia. Na indústria, com máquinas que já fazem componentes tridimensionais através de deposição de materiais; em casa, com sistemas de domótica que permitem automatizar uma habitação ao gosto/necessidade de cada pessoa; nos automóveis, os quais permitem uma condução muito mais simplificada e quase autónoma, e mesmo no desporto, onde se conseguem melhorar performances de atletas de alta competição através da utilização de tecnologia.

O que faltava era colocar máquinas a fazer o desporto por nós humanos, e digo faltava pois isso é já uma realidade, desde robôs de luta, jogadores de xadrez, basquetebol, nadadores, e agora futebol “o desporto rei”.

ROBOCUP

Em 1993 foi criado um desafio aos cientistas de todo o mundo que consistia em criar robôs capazes de realizar um jogo de futebol. O desafio foi mesmo mais longe ao ponto de se pretender realizar um jogo de futebol no ano 2050 entre a equipa campeã do mundo de humanos contra a equipa campeã do mundo de robôs. No texto original criado por Kitano leia-se:

“By mid-21st century, a team of fully autonomous humanoid robot soccer players shall win the soccer game, comply with the official rule of the FIFA, against the winner of the most recent World Cup.”

Este desafio chama-se RoboCup.



Este desafio surge à semelhança do que aconteceu com o xadrez onde, ao fim de alguns anos de tentativas, um computador (o deep blue da IBM) acabou por conseguir vencer o campeão do mundo de xadrez no sexto jogo com um resultado de 2.5 para Gary Kasparov e 3.5 para Deep Blue, em 1997.

Assim, também em 1997 realizou-se o primeiro RoboCup em Nagoya no Japão. Este evento consistia num encontro científico e num encontro desportivo jogado por robôs, onde o desporto era o futebol. Várias equipas compareceram ao desafio e desde então, este evento tem sido realizado anualmente num país organizador de um campeonato do mundo ou europeu de futebol ou mesmo num país organizador de jogos olímpicos. Nos anos ímpares é escolhido um outro país para organizar este evento.

- **1997 – Nagoya (Japão)**
- **1998 – Paris (França)**
- **1999 – Estocolmo (Suécia)**
- **2000 – Melbourne (Austrália)**
- **2001 – Seattle (EUA)**
- **2002 – Fukuoka (Japão)**
- **2003 – Pádua (Itália)**
- **2004 – Lisboa (Portugal)**

Mas não se pense que o desafio do RoboCup vai ser tão fácil como foi o desafio do xadrez. Se compararmos as diferenças entre estes dois jogos, vemos que as dificuldades são muito maiores.

	Xadrez	RoboCup
Ambiente	Estático	Dinâmico
Mudança de Estado	Peça a peça	Tempo real
Acesso à informação	Completo	Incompleto
Leitura Sensorial	Simbólico	Não simbólico
Controlo	Centralizado	Distribuído

Para que um robô consiga mesmo jogar futebol, várias técnicas devem ser incorporadas tais como: criação de agentes autônomos, colaboração entre multi-agentes, aquisição de estratégia, percepção e decisão em tempo real, robótica, fusão sensorial, etc.

RoboCup é uma tarefa para uma equipa de vários robôs moveis suficientemente rápidos e que funcionam num ambiente dinâmico. Também oferece uma plataforma de software para investigação de engenheiros de software.

É intenção da *RoboCup federation* usar o desafio RoboCup como um veículo para promover a investigação em inteligência artificial, oferecendo ao mesmo tempo algo apelativo ao público em geral (como o futebol), mas ao mesmo tempo um desafio ao mais alto nível de exigências tecnológicas.

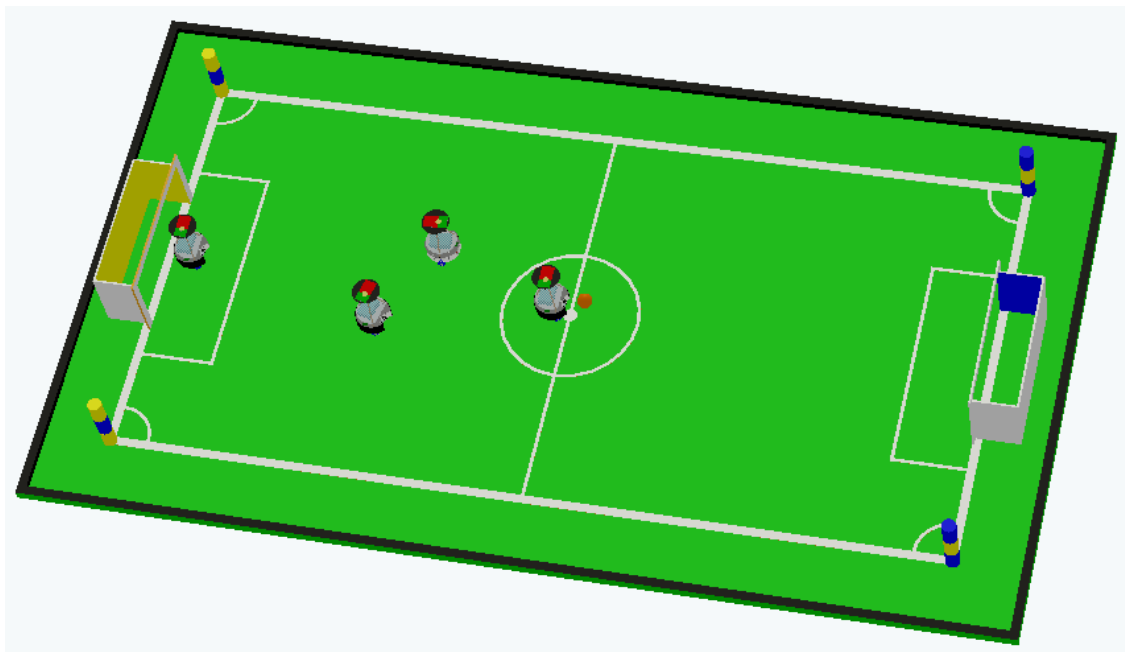
O RoboCup foi criado para desenvolver as necessidades de tratar as complexidades do mundo real, apesar de num mundo limitado, enquanto que mantém um problema capaz de ser resolvido dentro de um orçamento de investigação. RoboCup oferece uma plataforma de investigação integrada que cobre as vastas áreas de Inteligência artificial e robótica. Essas áreas cobrem fusão sensorial em tempo real, comportamentos reactivos, aquisição de estratégias, aprendizagem, planeamento em tempo real, sistemas multi-agentes, reconhecimento de contextos, visão, tomadas de decisões estratégicas, controlo de motores, controlo inteligente de robôs, e muitas mais.

No RoboCup há várias modalidades: Liga dos Robôs médios, Liga dos Robôs pequenos, Liga de Humanóides, Liga de cães Sony, Liga de Simulação e Liga Júnior, mas neste artigo vamo-nos debruçar sobre a liga de robôs médios, os mais mediáticos.

REGRAS

As regras básicas são extremamente simples e baseadas nas regras de futebol da FIFA, apenas contendo algumas emendas para adaptar o jogo aos robôs.

Cada equipa tem 4 robôs (um deles é guarda redes), o campo tem as dimensões de 12m x 8m, as linhas de campo são idênticas às do futebol real à escala, o jogo é feito numa base de cores, onde os robôs são PRETOS, tendo que vestir uma marca colorida (Azul claro ou Roxo) para os distinguir da equipa adversária. A duração do jogo é de 2 partes de 10 minutos cada (15 minutos de intervalo). A arbitragem é realizada por 4 humanos; um árbitro principal, dois auxiliares e um secretário. Os robôs jogadores são completamente autônomos sendo completamente proibido aos humanos darem instruções para eles, não devem colidir com os adversários e devem marcar o maior número de golos.



Desenho virtual de um campo de futebol robótico oficial (Liga de Robôs médios)

O campo é feito em alcatifa verde, com linhas brancas idênticas às do futebol de humanos, sendo as balizas pintadas uma de Amarelo e outra de Azul-escuro. Isto é de extrema importância, pois os robôs regem-se pelas cores que vêm e não pela forma das balizas. Existem ainda 4 postes pintados de Amarelo e Azul (mesmas cores das balizas) colocados nos cantos do campo, que servem de pontos de referência aos robôs. Cerca de 1m fora das linhas exteriores do campo

existe uma protecção física de 10cm de altura para impedir que os robôs possam sair do campo, apenas por razões de segurança do público.

VENUES

Os locais onde estes eventos decorrem são normalmente pavilhões multi-usos ou centros de exposições onde se realizam feiras internacionais. Têm vários campos montados de cada uma das variadas ligas existentes, para além dos stands onde as equipas trabalham.



Três campos da liga de robôs médios no RoboCup'2003 (Pádua, Itália)



Stands onde as equipas trabalham durante os dias da competição

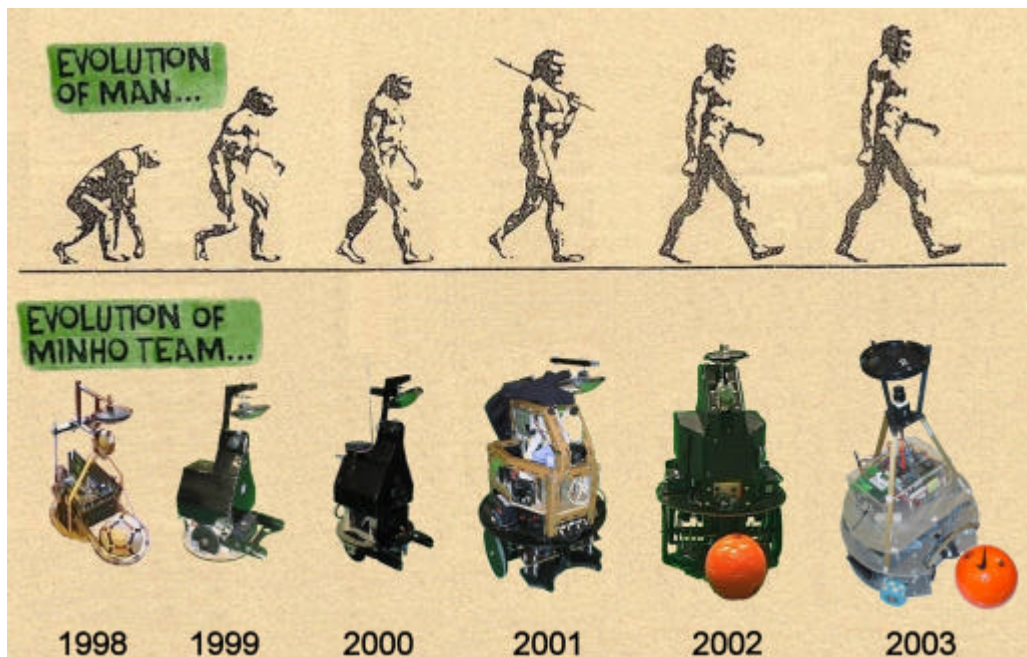


Início de um jogo entre duas equipas Japonesas

OS ROBOS FUTEBOLISTAS

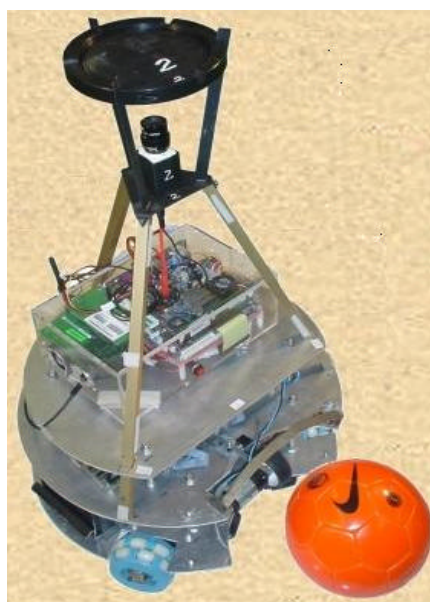
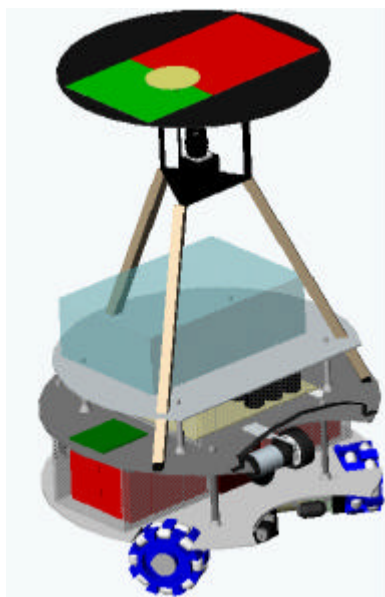
Robôs para jogarem futebol autonomamente precisam de ter algumas características adicionais aos robôs tradicionais de onde se destacam algumas: máxima autonomia, velocidade, força, com vários níveis de percepção, com capacidade de processamento, com actuadores específicos, etc.

A equipa da Universidade do Minho, entrou para este desafio em 1998, e desde então tem vindo a desenvolver várias gerações de robôs.



Evolução dos robôs da equipa MINHO

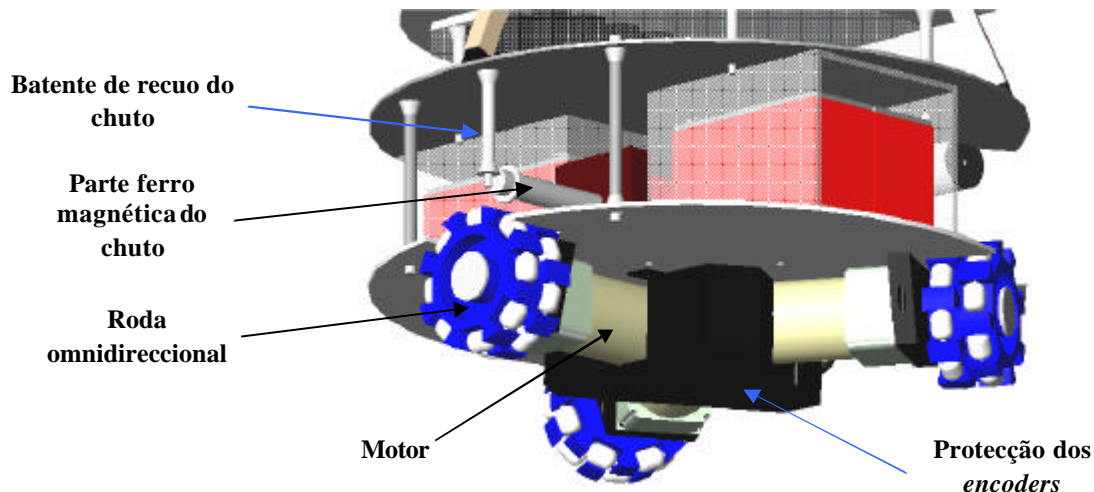
Com o andar dos anos e com uma participação anual neste evento, o know-how foi aumentando, e a partir de 2003, a opção foi recomeçar evitando os erros anteriores e construir novas plataformas completamente revolucionárias. Assim, o robô foi primeiro desenhado em CAD para estudar o encaixe das peças, o peso e respectivo centro de gravidade, o design estético, características de condição de visibilidade do robô, etc. Só depois foi construído e o resultado é visível na imagem seguinte.



Desenho em CAD versus Robô real

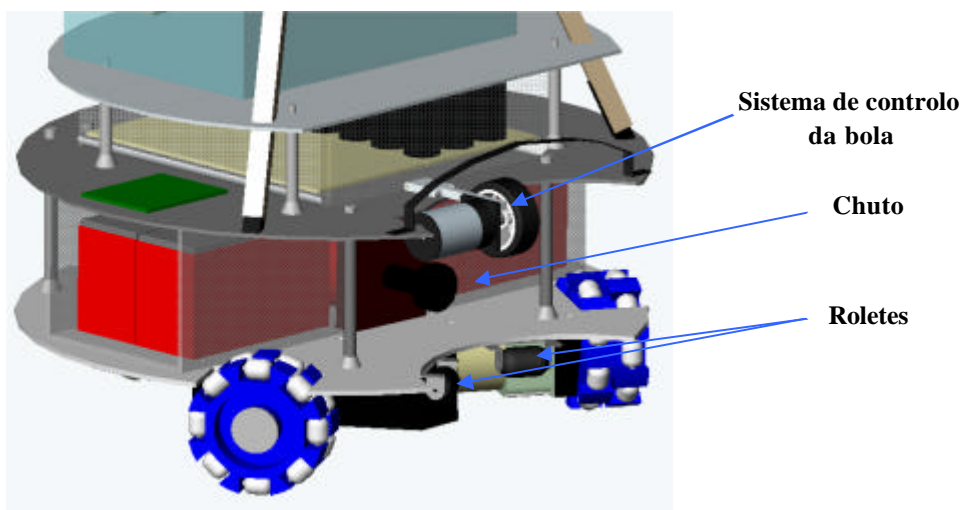
DESCRIÇÃO TÉCNICA DO ROBÔ

De forma a manter toda a estrutura do robô organizada e de fácil acesso, cada robô é composto por 4 andares. Começando uma descrição de baixo para cima, temos no primeiro andar toda a parte motriz. Cada robô tem 3 motores desfasados 120° com rodas omnidireccionais que permitem uma manobrabilidade maior, permitindo com estas rodas que o robô se desloque em qualquer direcção sempre em linha recta, sem precisar de manobras. Cada motor tem um *encoder* acoplado para medir as rotações de cada roda.



Base do robô

No segundo andar temos um chuto na zona central e a alimentação (4 baterias de 7Ah) nas partes laterais. O chuto trata-se de um electroímã que puxa um veio de ferro que lhe passa uma determinada corrente eléctrica. Esse veio é que impulsiona a bola ao tocar nela, conseguindo atirar a bola a cerca de 50 metros em piso sem grande atrito. Das 4 baterias (cuja peso é cerca de 2,5 kg cada), 3 são usadas para alimentar os motores, o chuto e toda a electrónica, e a 4ª bateria é usada para alimentar o computador. Neste andar existe ainda um dispositivo de controlo de bola que consiste num pneu de carro telecomandado que quando em contacto com a bola começa a rodar no sentido contrário ao andamento do robô, forçando a bola a rolar também e mantendo-a assim junto ao corpo do robô.

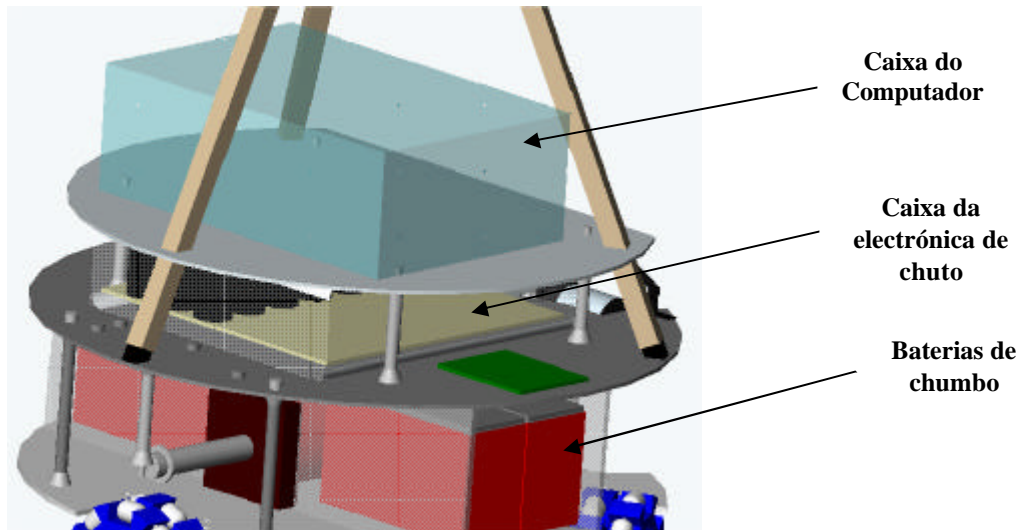


Plataforma chuto, baterias e controlador de bola

No 3º andar fica a electrónica que controla o chuto, estando esta dentro de uma caixa fechada de acrílico, devido à voltagem ser relativamente elevada. Só assim se consegue um chuto forte.

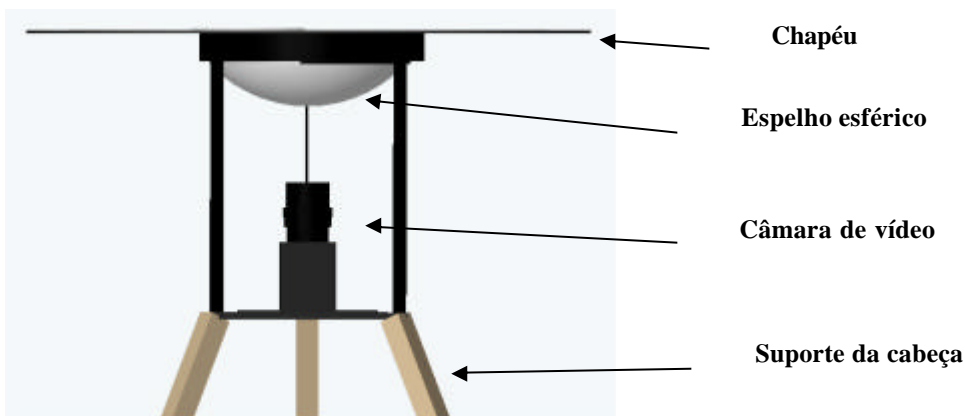
Por cima fica o computador que não é mais do que uma *motherboard* normal dentro de uma caixa de acrílico. Esta *motherboard* é de reduzidas dimensões para caber dentro do robô, e é ainda de baixo consumo de modo a aumentar a autonomia em relação à bateria que usa. Este computador tem duas placas uma para captura de imagem e outra para

comunicações por rede sem fios (IEEE 802.11b *wireless*). Através das portas série e paralela do computador são controlados todos os dispositivos como motores, chuto, controlador de bola, infra-vermelhos para detecção de bola, etc.



Terceiro nível – Electrónica do chuto

Na parte mais alta do robô fica o sistema de visão. Este consiste numa câmara virada para cima e que aponta para um espelho esférico, o que permite ao robô ver em todas as direcções (360 graus).



Sistema de Visão

O sistema de visão é de extrema importância pois este jogo é completamente dependente das cores que vê. Se as cores não forem bem reconhecidas, todo o resto do programa fica comprometido devido à falta de percepção. De facto e para melhorar a capacidade sensorial optou-se experiências estão a ser realizadas com um espelho parabólico no centro e cónico da parte exterior. A deformação da imagem é muito menor, os objectos que estão longe ficam maiores, e o resultado é visível na figura seguinte:

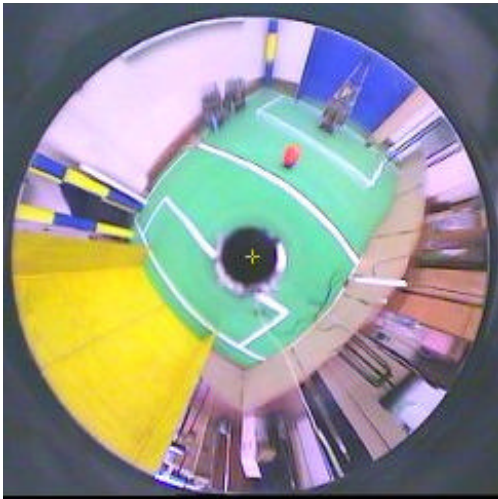


Imagem tal como é capturada pela câmara do robô

DESCRIÇÃO DO SOFTWARE

Esta imagem na forma como é capturada tem ainda alguns defeitos tais como ser em coordenadas polares o que implica um maior número de cálculos trigonométricos, e parte da imagem está de pernas para o ar, o que não simplifica a percepção. Assim, esta imagem é reconstruída e tornada plana, de tal modo que a imagem fica toda na vertical, contínua 360 graus, e as coordenadas (X, Y) passam a ser ângulo de direcção do objecto e distância ao objecto, respectivamente.

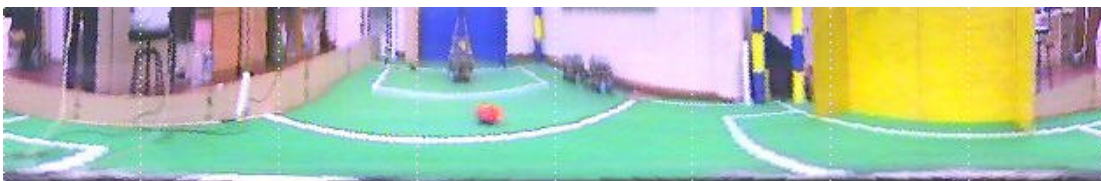
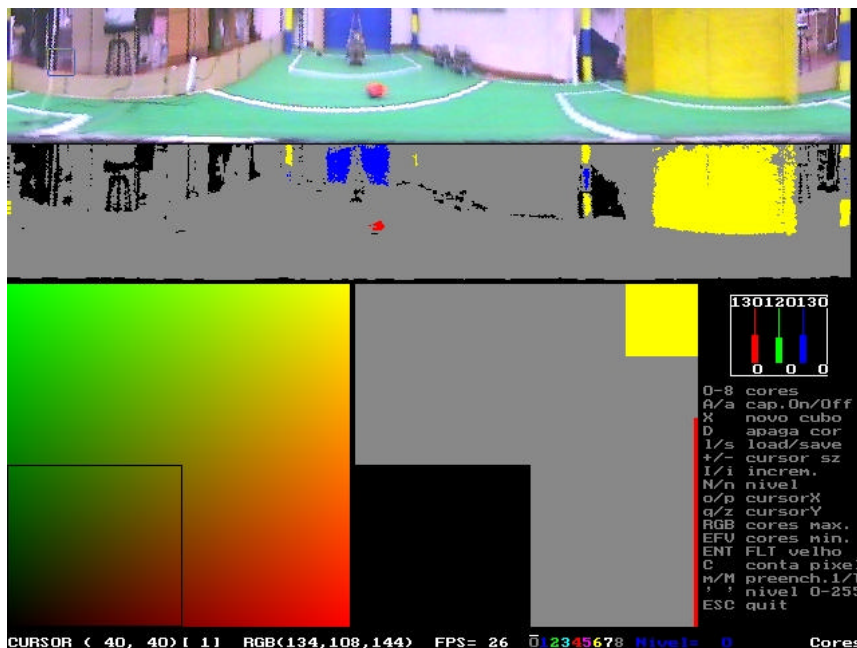


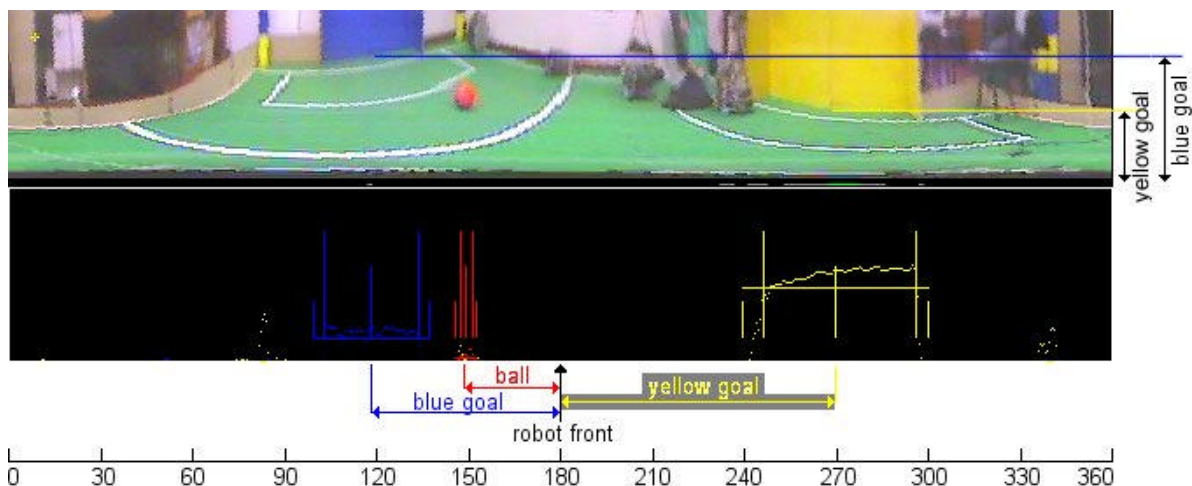
Imagem transformada em plano

Após a imagem ter sido capturada, todas as cores são filtradas de modo a obter uma imagem apenas com as cores relevantes ao jogo. Para isso, é usado um filtro de cor que força a que todos os pixels tenham uma determinada cor de uma lista de 8 possíveis, ou seja os 8 vértices de um cubo RGB. Na parte superior da imagem temos a imagem capturada, na segunda imagem temos a imagem já filtrada, baseando a escolha numa selecção de áreas a que se faz corresponder uma determinada cor do cubo RGB, tal como se vê na parte inferior da imagem abaixo.



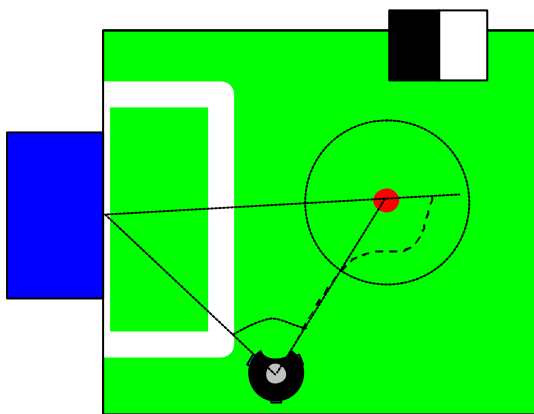
Programa de configuração de cores e cubo RGB.

Na imagem filtrada, são procuradas entidades (balizas, bola, etc.) a partir de histogramas de cor. Assim, o centro do histograma indica a direcção da entidade (ângulo) e a largura dá a proximidade à entidade.



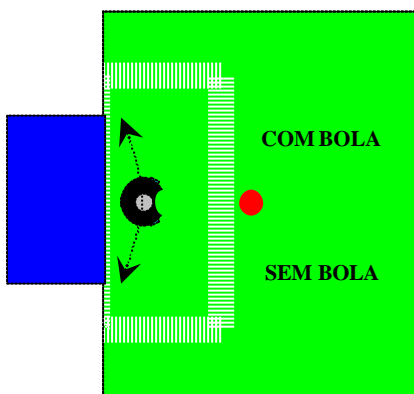
Histogramas da imagem capturada

Depois de obtidas as posições das entidades, existe uma estratégia de jogo que consiste em ter um robô que se comporta como guarda-redes, um outro como defesa e os outros dois como atacantes. A função do atacante consiste em deslocar-se até próximo da bola e quando a bola está o robô orbita a bola sempre virado para ela até ficar de frente para a baliza adversária. Nessa altura tenta chutar à baliza se não tiver obstáculos.



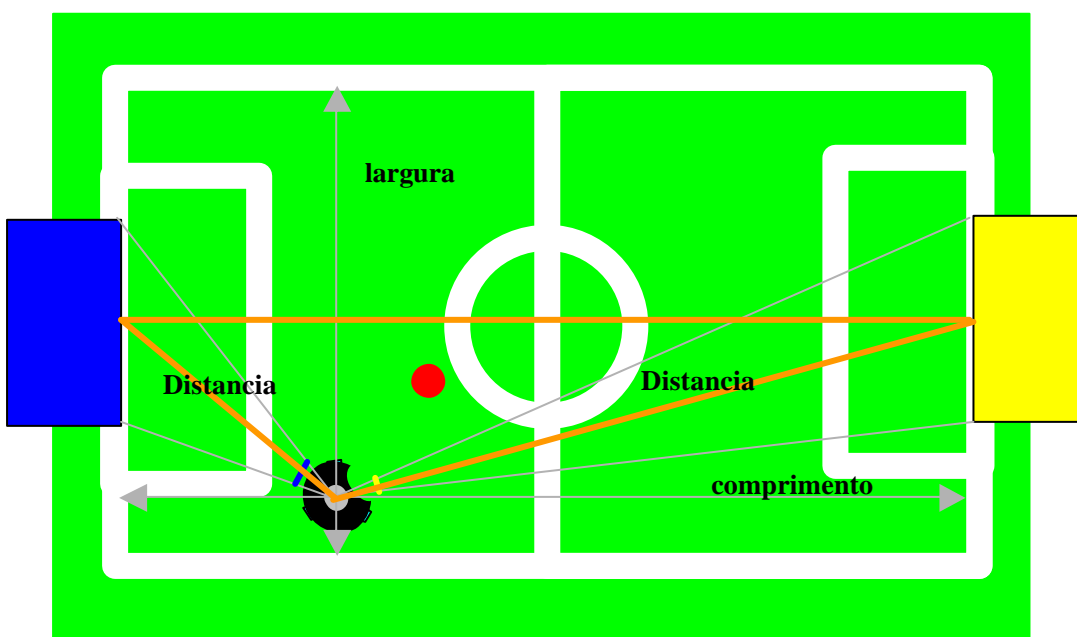
Estratégia do robô atacante

No caso dos robôs defesa e guarda-redes (que têm um comportamento idêntico), estes apenas se deslocam lateralmente mas sempre em frente à bola de acordo com o movimento desta.



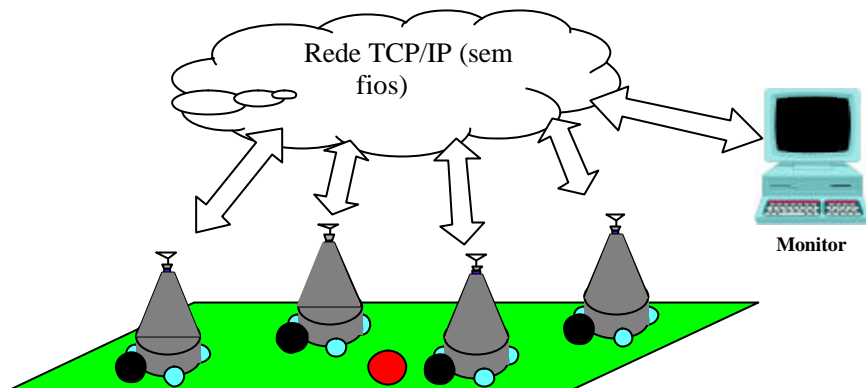
Estratégia do robô guarda-redes e defesa

Cada robô calcula a sua posição dentro do campo através de um sistema de triangulação. De acordo com a largura de cada baliza, o robô calcula a distância às duas balizas. Da imagem capturada consegue ainda saber o ângulo da direcção em relação a cada baliza. Obtêm-se assim todas as variáveis de modo a calcular a posição no campo. Após várias experiências realizadas este cálculo ter uma margem de erro de cerca de 10cm.



Calculo de posição do robô no campo

Importa ainda realçar que os robôs comunicam entre eles através de placas de rede sem fios, e a informação que enviam pode ser vista por um outro computador exterior ao jogo. Importa lembrar que estes computadores não tem um ecrã logo é difícil perceber o que se passa dentro do campo (em termos informáticos).



Comunicação por rede sem fios entre os robôs e um computador exterior ao campo

Este computador recebe as tramas de rede e mostra-as como se pode ver na figura seguinte.

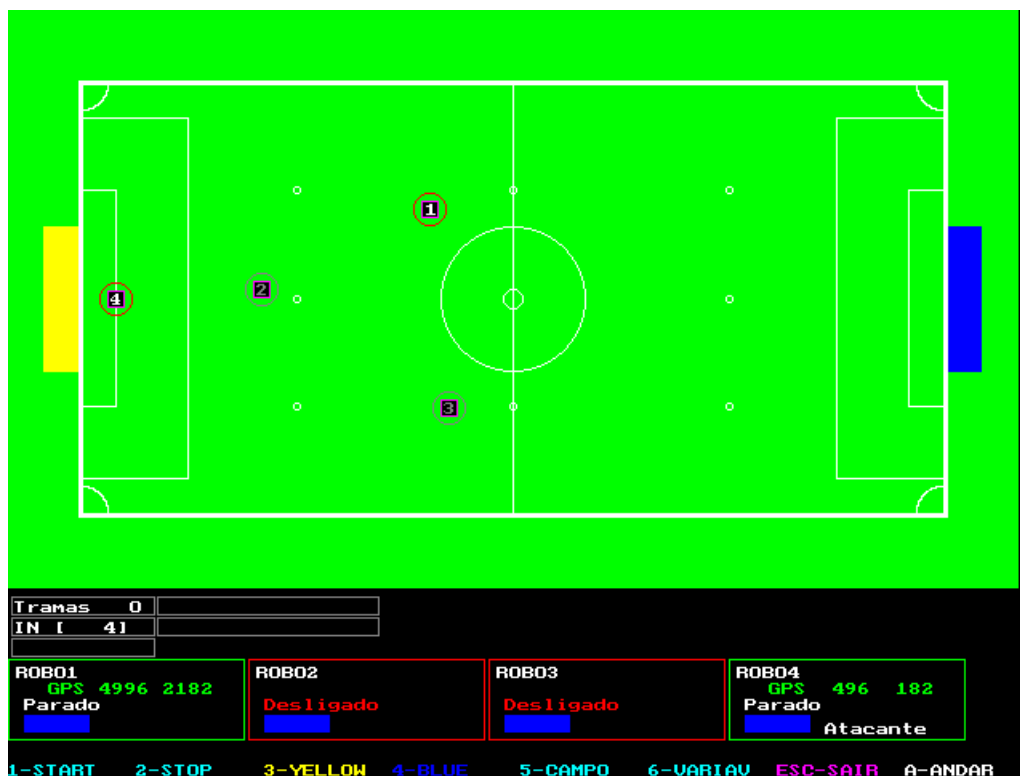
M O N I T O R				
NOME	ROB01	ROB02	ROB03	ROB04
IP	192.168.17.1	192.168.17.2	192.168.17.3	192.168.17.4
ESTADO	0 Parado	1	1	0 Parado
GPS(x,y)	-1 -1	0 0	0 0	-1 -1
R(x,y)	96 19	110 20	210 20	296 19
Y(x,y)	81 55	130 40	230 40	181 15
B(x,y)	42 1	150 60	250 60	2 41
OBST.	0000000000000000	00111	00011	0000000000000000
Vel,Dir	0 60	100 370	100 360	100 360
Atacante	1	0	0	1
BAL_ADV	AZUL	AZUL	AZUL	AZUL
G_REDES	4	1	1	4
REDE				
CHUTO	0	32	32	0
36/PC/CB	0.30 11.70 0.00	0.00 0.00 1.00	0.00 0.00 1.00	0.30 10.70 0.00
TECLA/J	I 1 J=0 A=0	I J=0 A=0	I J=0 A=0	[] J=0 A=0

Tramas	2	
IN I	41	

1-START	2-STOP	3-YELLOW	4-BLUE	5-CAMPO	6-VARIAU	ESC-SAIR	A-ANDAR
---------	--------	----------	--------	---------	----------	----------	---------

Informação comunicada entre os robôs por rede

Para além desta informação, este computador externo pode ainda desenhar um campo e localizar os robôs dentro dela, de modo a dar uma percepção mais amigável do jogo. A imagem seguinte mostra essa informação visual.



Visualização da posição dos robôs da nossa equipa no campo virtual

O resultado final são jogos de duas partes de 10 minutos cada, onde robôs completamente autónomos conseguem mesmo jogar futebol. O entusiasmo pela ciência e o tema motivador como o futebol, permitem um evoluir mais dedicado e fundamentado, com resultados sempre mais positivos. Basta ver pelo entusiasmo dos concorrentes (humanos). Há equipas que dão mesmo nomes de pessoas (ou mesmo jogadores famosos) aos robôs.



Conclusões

Um projecto de domótica numa habitação consiste num conjunto de sensores e actuadores com alguma capacidade de decisão muito limitada, mas estes sensores não têm qualquer tipo de fusão sensorial, nem de cooperação, nem mesmo de aprendizagem.

Um exemplo mais comum de um sistema de sensores e actuadores é o de um automóvel actual. Estes tem dezenas de sensores, mas o cérebro para o conduzir continua a ser humano. No caso destes robôs eles são completamente autónomos.

Este projecto envolve inúmeras áreas disciplinares tais como a mecânica, a electrónica, o controlo, computação, etc.

O sistema de visão é de extrema importância. As cores têm significados muito próprios e sem essas cores serem bem definidas, o sistema de percepção não funciona o que significa que o robô não consegue realizar a tarefa para a qual foi programado.

Um projecto de construção e programação de uma equipa de robôs moveis autónomos e que cooperam entre si, é relativamente complexo. Vários problemas acrescidos surgem tais como o problema de autonomia de baterias, problemas de peso, problemas de espaço. A escolha de matérias e componentes depende muito do seu peso, espaço ocupado, e mesmo de orçamento, etc.

A fiabilidade do hardware é de extrema importância. Os robôs por vezes colidem, e se avariarem significa menos um robô em campo o que pode significar a diferença num resultado.

Com este projecto foram já desenvolvidos alguns dispositivos inéditos e que são já utilizados por outras equipas. O chuto baseado num electroímã, a roda controladora de bola, e o espelho para onde aponta a câmara.

Foram já conseguidos alguns resultados de relevo em participações nacionais e internacionais.